

B8

**Method for monitoring the performance of a nox trap**

**Patent number:** DE19744738  
**Publication date:** 1998-04-30  
**Inventor:** HEPBURN JEFFREY SCOTT (US)  
**Applicant:** FORD GLOBAL TECH INC (US)  
**Classification:**  
- **International:** F01N3/10; F01N3/20; F01N9/00; F02D41/26  
- **European:** F01N9/00; F01N11/00C; F02D41/02C4D1;  
F02D41/02C4D1A; F02D41/14D1D  
**Application number:** DE19971044738 19971010  
**Priority number(s):** US19960732626 19961016

Also published as:

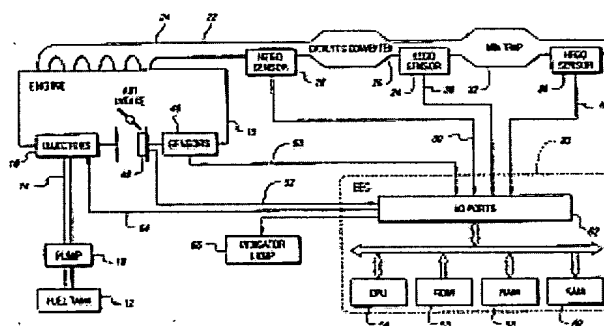


US5743084 (A1)  
JP10121944 (A)  
GB2318417 (A)

Report a data error here

Abstract not available for DE19744738  
Abstract of corresponding document: **US5743084**

A method and apparatus for on-board monitoring of NO<sub>x</sub> trap performance is proposed that uses two HEGO sensors, one positioned upstream of the NO<sub>x</sub> trap, and the other positioned downstream of the NO<sub>x</sub> trap. When the engine A/F is reduced from lean to stoichiometric or rich operation to regenerate or purge the NO<sub>x</sub> trap the difference in the time it takes for the upstream and downstream HEGO sensors to switch from a lean to a rich indication provides a quantitative measure of the amount of NO<sub>x</sub> that was stored on the NO<sub>x</sub> trap during the previous lean period of operation. This measure is related to an estimated amount of NO<sub>x</sub> produced by the engine to infer the operating performance or efficiency of the NO<sub>x</sub> trap. The difference in the output voltage of the two sensors is compared with a predetermined value to determine when to terminate the NO<sub>x</sub> purge. When the efficiency drops below a predetermined value the time that the engine is run in a lean cruise mode is reduced. If the time is reduced below a minimum time interval, a sulfur purge is performed. If sulfur purges are required more often than a predetermined repetition time, the lean cruise mode is terminated and an indicator lamp is energized.



BEST AVAILABLE COPY

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

4

EP29826



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**  
**DE 197 44 738 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 01 N 3/10**  
F 01 N 3/20  
F 01 N 9/00  
F 02 D 41/26

②1 Aktenzeichen: 197 44 738.4  
②2 Anmeldetag: 10. 10. 97  
④3 Offenlegungstag: 30. 4. 98

*PO3NM-095EP*

DE 197 44 738 A 1

③0 Unionspriorität:  
732626 16. 10. 96 US

⑦1 Anmelder:  
Ford Global Technologies, Inc., Dearborn, Mich.,  
US

⑦4 Vertreter:  
Bonsmann, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 41063  
Mönchengladbach

⑦2 Erfinder:  
Hepburn, Jeffrey Scott, Dearborn, Mich., US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren sowie Vorrichtung zur Überwachung der Wirksamkeit einer NO<sub>x</sub>-Falle

⑤7 Zur Überwachung der Wirksamkeit einer im Abgaskanal einer computerunterstützten Brennkraftmaschine angeordneten NO<sub>x</sub>-Falle werden zwei HEGO-Sensoren eingesetzt, von denen einer stromaufwärts der NO<sub>x</sub>-Falle und der andere stromabwärts der NO<sub>x</sub>-Falle angeordnet ist. Wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis der Maschine von einem Magerbetrieb in einen stöchiometrischen oder fetten Betrieb geändert, um die NO<sub>x</sub>-Falle wieder funktionsfähig zu machen oder zu reinigen, gibt die Zeitdifferenz, die der stromaufwärtige und der stromabwärtige HEGO-Sensor zum Schalten von einer Mager- zu einer Fett-Anzeige benötigt, ein quantitatives Maß für die NO<sub>x</sub>-Menge an, die während der vorhergehenden Mager-Betriebsperiode in der NO<sub>x</sub>-Falle gespeichert war bzw. wurde. Dieses Maß wird auf eine geschätzte, von der Maschine erzeugte NO<sub>x</sub>-Menge bezogen, um daraus die Betriebsleistung oder den Wirkungsgrad der NO<sub>x</sub>-Falle abzuleiten. Der Unterschied der Ausgangsspannungen der beiden Sensoren wird mit einem vorgegebenen Wert verglichen. Damit wird bestimmt, wann die NO<sub>x</sub>-Reinigung zu beenden ist. Fällt der Wirkungsgrad unter einen vorgegebenen Wert ab, wird die Zeit, in der die Maschine in einem Mager-Modus betrieben wird, reduziert. Wird die Zeit unter ein minimales Zeitintervall reduziert, wird eine Schwefelreinigung durchgeführt. Eine Anzeigeeinrichtung wird eingeschaltet, falls Schwefelreinigungen öfter erforderlich sind als eine vorgegebene Wiederholungszeit.

DE 197 44 738 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Überwachung des Zustandes und der Leistung bzw. Wirksamkeit von im Abgaskanal einer Brennkraftmaschine installierten bzw. eingebauten Abgas-Reinigungsvorrichtungen.

Derzeit werden Stickoxid( $\text{NO}_x$ )-Falle als eine mögliche Abgas-Nachbehandlungs-Technologie für Magergemisch-Maschinen angesehen. Bei der  $\text{NO}_x$ -Falle-Technologie werden üblicherweise Alkalimetall oder erdalkalische Materialien in Verbindung mit Platin eingesetzt, um  $\text{NO}_x$  bei Mager-Betriebsbedingungen zu speichern oder zu okkludieren. Der Mechanismus für die  $\text{NO}_x$ -Speicherung schließt die Oxidation von  $\text{NO}$  zu  $\text{NO}_2$  über dem Platin ein, gefolgt von der anschließenden Bildung eines Nitratkomplexes mit dem alkalischen Metall oder des Erdalkalis. Unter stöchiometrischen oder fetten Bedingungen sind die Nitratkomplexe thermodynamisch instabil. Das gespeicherte  $\text{NO}_x$  wird freigegeben und durch den Überschuss an  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$  und  $\text{HC}$ s im Abgas bzw. in der Abgasanlage katalytisch reduziert.

Wenn im Laufe der Zeit die Wirksamkeit der  $\text{NO}_x$ -Falle schlechter wird, nimmt deren Fähigkeit, Schadstoffe abzuscheiden ab, was einen Anstieg der Luftverschmutzung zur Folge hat. Deshalb ist es wünschenswert, daß mittels einer implementierten bzw. durchgeführten  $\text{NO}_x$ -Falle-Technologie eine von einem Bordcomputer unterstützte bzw. gesteuerte Diagnoseanzeige einer Verschlechterung oder Wirksamkeitsabnahme der  $\text{NO}_x$ -Falle über eine vorgegebene Grenze hinaus geschaffen wird.

Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Durchführen von Bordmessungen der  $\text{NO}_x$ -Falle-Sorption vorgesehen, das bzw. die eine Überwachung und Bewertung bzw. Auswertung der  $\text{NO}_x$ -Falle-Wirksamkeit mittels eines Fahrzeug-Bordcomputers ermöglicht.

Es wurde festgestellt, daß während einer  $\text{NO}_x$ -Falle-Reinigung die Mager-zu-Fett-Ansprechzeit ( $T_{\text{LR}}$ ) eines HEGO (beheizten Abgassauerstoff)-Sensors, der stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Falle positioniert ist, um einen Betrag verringert ist, der proportional zu der in der Falle gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge ist. Wenn das  $\text{NO}_x$ -Sorptionsvermögen ansteigt, wird mehr  $\text{NO}_x$  in der Falle gespeichert und die  $T_{\text{LR}}$  des stromabwärts angeordneten HEGO-Sensors nimmt ebenfalls zu.

Basierend auf der vorstehend beschriebenen Feststellung schlägt die vorliegende Erfindung vor, dieses Zeitintervall zwischen der Einleitung des Reinigungsvorganges und dem Schalten des stromabwärtigen HEGO-Sensors als einen Indikator für die  $\text{NO}_x$ -Menge zu verwenden, die während der vorangegangenen Mager-Betriebsperiode in der  $\text{NO}_x$ -Falle gespeichert war bzw. wurde. Diese Zeitverzögerung wird auch in einer Diagnoseroutine zum Anzeigen der Abnahme der  $\text{NO}_x$ -Falleleistung auf ein Maß, das Beachtung durch Wartungspersonal erfordert, verwendet.

Insbesondere werden bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zwei HEGO-Sensoren eingesetzt, von denen der eine stromaufwärts der  $\text{NO}_x$ -Falle und der andere stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Falle positioniert ist. Wenn das Luft/Kraftstoff(A/F)-Verhältnis der Maschine von einem mageren zu einem stöchiometrischen oder zu einem fetten Betrieb reduziert wird, um die  $\text{NO}_x$ -Falle zu regenerieren (d. h. um das gespeicherte  $\text{NO}_x$  zu entfernen und anschließend in  $\text{N}_2$  zu überführen), liefert die Differenz zwischen  $T_{\text{LR}}$  für den stromaufwärtigen und für den stromabwärtigen HEGO-Sensor ein quantitatives Maß für die  $\text{NO}_x$ -Menge, die in der  $\text{NO}_x$ -Falle während der vorangegangenen Mager-Betriebsperiode gespeichert war bzw. wurde. Diese Schätzung der von der Falle gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge wird auf eine vor-

ausgesagte, von der Maschine erzeugte  $\text{NO}_x$ -Menge bezogen, um die Betriebsleistung oder das Leistungsvermögen bzw. den Wirkungsgrad der  $\text{NO}_x$ -Falle abzuleiten. Auch das Differential des Ausgangsspannungssignals zwischen dem stromabwärtigen und dem stromaufwärtigen HEGO-Sensor wird überprüft, um zu bestimmen, wann die  $\text{NO}_x$ -Reinigung zu beenden ist.

Wenn der Sorptionswirkungsgrad der Falle unter einen vorgegebenen Wirkungsgrad fällt, wird die Mager-Betriebszeit versuchsweise reduziert, um den Wirkungsgrad zu verbessern. Falls und wenn die reduzierte Mager-Zeitdauer unter eine vorgegebene minimale Mager-Betriebszeit abfällt, wird eine Schwefelreinigung der Falle als wünschenswert angesehen und durchgeführt.

Falls das Intervall zwischen aufeinanderfolgenden Schwefelreinigungen kleiner als ein vorgegebenes Intervall wird, zeigt dies eine Verschlechterung der Falle über denjenigen Grad hinaus an, der durch die normalen Reinigungsvorgänge behoben werden kann. Dementsprechend wird der Mager-Maschinenbetriebs-Fahrmodus beendet und eine Betriebsweise mit stöchiometrischem Modus mit geschlossenem Regelkreis aufgenommen. Weiterhin wird eine Anzeigelampe eingeschaltet, so daß eine Betriebsperson geeignete Abhilfe leisten kann.

Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung dient die nachfolgende detaillierte beispielhafte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 ein Gesamt-Blockdiagramm des Steuersystems der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 und 3 eine graphische Darstellung einer ähnlichen quantitativen Beziehung zwischen dem  $\text{NO}_x$ -Sorptionswirkungsgrad und der Mager-zu-Fett-Schaltzeit eines stromabwärtigen Sauerstoffsensors über einen Temperaturbereich;

Fig. 4 die Mager-zu-Fett-Schaltzeit eines stromabwärtigen Sauerstoffsensors, welche im wesentlichen direkt proportional zu der in der Falle gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge ist;

Fig. 5 ein Flußdiagramm, das die Bedingungen darstellt, unter denen in einen Mager-Maschinenbetriebs-Fahrmodus eingetreten wird;

Fig. 6a und 6b Taktdiagramme mit einer Darstellung des Steuern der Einleitung und der Beendigung des  $\text{NO}_x$ -Reinigungsvorganges;

Fig. 7 ein Flußdiagramm, das die Bedingungen darstellt, unter denen das Zeitintervall für den Magermodus eingestellt wird;

Fig. 8 ein Flußdiagramm, das sowohl die Bedingungen, unter denen eine Schwefelreinigung durchgeführt wird, als auch die Umstände darstellt, unter denen der Mager-Fahrmodus beendet und eine Anzeigelampe eingeschaltet wird.

In Fig. 1 ist ein Blockdiagramm der vorliegenden Erfindung dargestellt. Eine Kraftstoffpumpe 10 pumpt Kraftstoff aus einem Tank 12 durch eine Kraftstoffleitung 14 zu einem Satz von Einspritzeinrichtungen 16, die Kraftstoff in eine Brennkraftmaschine 18 einspritzen. Die Kraftstoff-Einspritzeinrichtungen 16 sind herkömmlich konstruiert und dahingehend positioniert, Kraftstoff in ihre zugeordneten Zylinder in genauen Mengen, wie von einer elektronischen Maschinen-Steuerungseinrichtung (EEC) 20 bestimmt, einzuspritzen. Der Kraftstofftank 12 enthält flüssige Kraftstoffe, wie z. B. Benzin, Methanol oder eine Kombination unterschiedlicher Kraftstoffe.

Ein Abgassystem 22 mit einem oder mehreren Auspuffrohren und einem Auspuffflansch, insgesamt mit 24 bezeichnet, transportiert Abgas, das bei Verbrennung eines Luft/Kraftstoff-Gemisches in der Maschine entsteht, zu einem herkömmlichen katalytischen Dreiwege-Wandler 26.

Der Wandler 26 weist Katalysatormaterial auf, welches das Abgas chemisch ändert, um ein katalysiertes Abgas zu erzeugen. Ein beheizter Abgassauerstoff(HEGO)-Sensor 28 stellt den Sauerstoffgehalt des von der Maschine 18 erzeugten Abgases fest und übermittelt ein repräsentatives Signal über eine Leitung 30 zur EEC 20. Eine  $\text{NO}_x$ -Falle 32 ist stromabwärts des Wandlers 26 angeordnet, um Stickstoffoxide abzuscheiden, die in dem aus dem Wandler austretenden Gas enthalten sind. Ein HEGO-Sensor 34 stellt den Sauerstoffgehalt des Abgases stromaufwärts der Falle 32 fest, während ein HEGO-Sensor 36 den Sauerstoffgehalt des Abgases stromabwärts der Falle 32 feststellt. Die Sensoren 34 und 36 übertragen über jeweilige Leitungen 38 und 40 Signale zur EEC 20.

Weitere Sensoren, allgemein mit 46 bezeichnet, versorgen die EEC 20 über eine Leitung 50 mit zusätzlichen Informationen über die Maschinenleistung, wie zum Beispiel über die Kurbelwellen-Stellung, die Winkelgeschwindigkeit, die Drosselstellung, die Lufttemperatur, etc. Die Informationen dieser Sensoren werden von der EEC 20 zur Steuerung des Maschinenbetriebes verwendet.

Von einem am Lufteinlaß der Maschine 18 positionierten Sensor 48 für den Luftmengenstrom wird die Luftmenge festgestellt, die in ein Einlaßsystem der Maschine angesaugt wird. Der EEC 20 liefert ein Luftstrom-Signal über eine Leitung 52. Das Luftstrom-Signal wird von der EEC 20 zur Berechnung eines Wertes (in lbs./min.) genutzt, der die in das Einlaßsystem strömende Luftmenge anzeigt.

Die EEC 20 weist einen Mikrocomputer auf mit einer Zentraleinheit (CPU) 54, einem Nurlese-Speicher (ROM) 56 zum Speichern von Steuerungsprogrammen, einem Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) 58 zur temporären Datenspeicherung, der auch für Zähler und Zeitgeber verwendet werden kann, und mit einem Fehler- bzw. Erhaltungsspeicher (KAM) 60 zum Speichern gelernter Wörter. Daten werden über allgemein mit 62 bezeichnete E/A-Anschlüsse bzw. -Kanäle eingegeben und ausgegeben und intern über einen herkömmlichen, allgemein mit 64 bezeichneten Datenbus übertragen. Die EEC 20 übermittelt ein Kraftstoff-Einspritzzeitsignal an die Einspritzzeiteinrichtungen 16 über eine Signalleitung 64. Das Kraftstoff-Einspritzzeitsignal wird mit der Zeit von der EEC 20 variiert, um ein von der EEC 20 festgelegtes Luft/Kraftstoff-Verhältnis aufrechtzuerhalten. Eine mit 66 bezeichnete Anzeigelampe wird von der EEC 20 gesteuert, um eine von Eingabedaten aus den verschiedenen Sensoren bestimmte Anzeige für den Zustand der  $\text{NO}_x$ -Falle 32 zu erzeugen, wie nachfolgend näher beschrieben wird.

Das im ROM 58 gespeicherte Programm implementiert eine Luft/Kraftstoff-Strategie, bei der die Maschine in einem Magermodus oder mit einem relativ hohen Luft/Kraftstoff-Verhältnis (A/F) betrieben wird, um unter bestimmten Drehzahl/Last-Bedingungen der Maschine Kraftstoff zu sparen. Während des Magermodus sammelt sich  $\text{NO}_x$  und  $\text{SO}_x$  in der  $\text{NO}_x$ -Falle an. Wenn vorgegebene Kriterien erfüllt sind, die eine im wesentlichen vollständige Sorption der Falle 32 anzeigen, wird A/F auf ein relativ fettes Gemisch umgeschaltet, um die Falle von  $\text{NO}_x$  zu reinigen. Nachdem der Reinigungsmodus abgeschlossen ist, kehrt die EEC zum Mager-Betriebsmodus zurück. Alternativ kann das EEC-Programm einen stöchiometrischen Betriebsmodus anstatt des fetten Modus zum Reinigen der Falle von  $\text{NO}_x$  aufrufen.

Nachfolgend wird auf Fig. 2, 3 und 4 Bezug genommen, in denen die Beziehung zwischen der Mager-zu-Fett-Schaltzeit ( $T_{LR}$ ) des HEGO-Sensors, der stromabwärts einer  $\text{NO}_x$ -Falle angeordnet ist, und der in der Falle gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge graphisch dargestellt ist. In Fig. 2 und 3 sind

der  $\text{NO}_x$ -Fallen-Sorptionswirkungsgrad als Funktion der Temperatur und die entsprechende Mager-zu-Fett-Schaltzeit ( $T_{LR}$ ) eines HEGO-Sensors, der stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Falle angeordnet ist, einander gegenübergestellt. Der  $\text{NO}_x$ -Fallen-Sorptionswirkungsgrad und die  $T_{LR}$  des stromabwärtigen HEGO-Sensors zeigen sehr ähnliche Verhaltensweisen. Wenn der  $\text{NO}_x$ -Sorptionswirkungsgrad steigt, wird mehr  $\text{NO}_x$  in der Falle gespeichert, und die  $T_{LR}$  des stromabwärtigen HEGO-Sensors steigt ebenfalls.

Fig. 2 zeigt den mittleren  $\text{NO}_x$ -Sorptionswirkungsgrad als Funktion der Temperatur während eines 5-minütigen Mager-Taktes für eine herkömmliche auf Strontium basierende  $\text{NO}_x$ -Falle. Bei steigender Temperatur steigt zunächst der  $\text{NO}_x$ -Sorptionswirkungsgrad, erreicht ein maximales Niveau bei ungefähr 300-350°C und nimmt dann ab. Die Messungen wurden in einem Labor-Strömungsreaktor mit simuliertem Abgas durchgeführt, das aus 10%  $\text{H}_2\text{O}$ , 10%  $\text{CO}_2$ , 500 ppm  $\text{NO}_x$ , 7%  $\text{O}_2$  und  $\text{N}_2$  als Rest bestand. Um die  $\text{NO}_x$ -Falle zu reinigen oder zu regenerieren, wurde das  $\text{O}_2$  im Abgas abgeschaltet und durch 0,58%  $\text{CO}$  ersetzt. Die Raumgeschwindigkeit betrug 30.000 hr<sup>-1</sup>.

Fig. 3 zeigt einen Graph der entsprechenden Mager-zu-Fett-Schaltzeit ( $T_{LR}$ ) für einen herkömmlichen Abgas-Sauerstoffsensor (EGO), der stromabwärts der  $\text{NO}_x$ -Falle angeordnet ist.  $T_{LR}$  ist definiert als die Zeitdauer zwischen der Einleitung der  $\text{NO}_x$ -Fallenreinigung und der Feststellung eines minimal 0,5-Volt-Sensorausgangssignals. Der  $\text{NO}_x$ -Falle-Sorptionswirkungsgrad und  $T_{LR}$  zeigen ein sehr ähnliches qualitatives Verhalten. Wenn der  $\text{NO}_x$ -Falle-Sorptionswirkungsgrad ansteigt, wird mehr  $\text{NO}_x$  in der Falle gespeichert, und die  $T_{LR}$  des stromabwärtigen EGO-Sensors steigt ebenfalls. Es wird angenommen, daß das in der Falle gespeicherte  $\text{NO}_x$  sich ähnlich wie gespeicherter Sauerstoff verhält und einfach mit dem  $\text{CO}$  und  $\text{H}_2$  im Abgas während des Reinigens reagiert und aus diesem Grunde den Fett-Durchbruch bzw. die Fett-Schwelle verzögert oder hinausschiebt.

Fig. 4 zeigt einen Graph der  $\text{NO}_x$ -Speicherung als Funktion von  $T_{LR}$  bei 350°C. Die Mager-Betriebsperiode wurde variiert, um die in der Falle gespeicherte  $\text{NO}_x$ -Menge zu variieren. Es ist ersichtlich, daß bei einer gegebenen Temperatur die  $T_{LR}$ , die während des Reinigens der  $\text{NO}_x$ -Falle beobachtet wurde, direkt proportional der  $\text{NO}_x$ -Menge ist, die während der vorangegangenen Mager-Betriebsperiode in der Falle gespeichert war bzw. wurde. Bei der vorliegenden Erfindung wird diese Beziehung zwischen  $\text{NO}_x$ -Sorption und  $T_{LR}$  zur Steuerung der Fallen-Reinigungszeit genutzt, um zu bestimmen, ob das Zeitintervall des Mager-Betriebes reduziert werden sollte, und um festzulegen, wann die Falle ausgetauscht werden sollte. Diese Beziehung wird auch genutzt, zu bestimmen, wann die Falle entschwefelt wird, um die  $\text{NO}_x$ -Falle von  $\text{SO}_x$  zu befreien.

Nachfolgend wird auf Fig. 5 Bezug genommen, in der ein Flußdiagramm dargestellt ist, das die Kriterien für einen Eintritt in den Mager-Betriebsmodus mit konstanter Geschwindigkeit oder den Mager-Fahrbetriebsmodus zeigt. Der Mager-Fahrbetriebsmodus weist einen Kraftstoff-Steuermodus mit offenem Regelkreis auf, bei dem die Maschine mit einem mageren Kraftstoffgemisch von z. B. 20 Teilen Luft zu 1 Teil Kraftstoff betrieben wird. Der Mager-Fahrbetriebsmodus weist weiterhin einen Kraftstoffsteuermodus mit geschlossenem Regelkreis auf, in den vom Modus mit offenem Regelkreis aus periodisch eingetreten wird und bei dem die Maschine mit einem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis von ungefähr 14,5 zu 1 für ein Zeitintervall betrieben wird, das zum Reinigen der  $\text{NO}_x$ -Falle von  $\text{NO}_x$  vor der Rückkehr zum Magermodus ausreicht. Es ist ein Flag LCFLG vorhanden, das den Zustand des Mager-Fahrmodus wiedergibt. Während des Mager-Fahrmodus arbeitet

die Maschine üblicherweise in einem Magermodus mit offenem Regelkreis und wird periodisch in einen stöchiometrischen Modus mit geschlossenem Regelkreis oder in einen leicht fetten Modus mit offenem Regelkreis zum Entfernen des  $\text{NO}_x$  versetzt.

Bei Block 70 wird ein Flag LAMFLG für die Anzeigelampe überprüft. Dieses Flag wird immer dann gesetzt, wenn die EEC 20 bestimmt, daß die  $\text{NO}_x$ -Falle sich bis zu einem Punkt verschlechtert hat, bei dem die normalen  $\text{SO}_x$ -Reinigungsvorgänge nicht länger genügen und die  $\text{NO}_x$ -Falle weitere Aufmerksamkeit erfordert und eventuell ausgetauscht werden muß. Solch ein Zustand würde der Fahrzeug-Bedienungsperson durch den eingeschalteten Zustand der Anzeigelampe 66 angezeigt werden, und das Auftreten einer  $\text{NO}_x$ -Verschlechterung würde im Erhaltungsspeicher 60 protokolliert werden. Falls LAMFLG zurückgesetzt ist (0) und damit einen normalen  $\text{NO}_x$ -Fallenbetrieb anzeigt, werden dann bei Block 72 die in die Maschine eingelassene Luftmenge wie auch andere Maschinenbetriebsbedingungen, wie z. B. Drehzahl und Maschinen-Kühlmitteltemperatur, gemessen, um das richtige Luft/Kraftstoff-Verhältnis (A/F) für die Maschine zu bestimmen. Falls eine Verschlechterung der  $\text{NO}_x$ -Falle aufgetreten ist (LAMFLG = 1) oder falls die Bedingungen so sind, daß ein Magerbetrieb nicht wünschenswert ist, wie durch den Entscheidungsblock 74 bestimmt, wird dann ein Magerfahr-Flag LCFLG bei Block 76 zurückgesetzt (0) und die Subroutine kehrt zum Hauptprogramm zurück. Andernfalls wird das Magerfahr-Flag LCFLG bei Block 78 gesetzt (1) und die Subroutine kehrt zum Hauptprogramm zurück. Während einer Zeitdauer  $T_1$  wird der Mager-Fahrbetriebsmodus bei einem mageren Luft/Kraftstoff-Verhältnis (A/F) betrieben. Während dieser Zeit wird die Maschinendrehzahl und -last dazu benutzt, die sich aufsummierende, von der Maschine erzeugte  $\text{NO}_x$ -Menge zu schätzen. Nach Ablauf des Zeitintervalls  $T_1$  wird eine Reinigung der  $\text{NO}_x$ -Falle durchgeführt, indem die Maschine während eines Reinigungsintervalls bei einem relativ fetten Luft/Kraftstoff-Verhältnis (A/F) vor der Rückkehr zu einem relativ mageren Betrieb betrieben wird.

In Fig. 6a und 6b ist ein Steuerungs- bzw. Taktidiagramm des  $\text{NO}_x$ -Reinigungsvorganges dargestellt. Fig. 6a zeigt einen Plan für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis als Funktion der Zeit, während die Maschine in einem Mager-Fahrbetriebsmodus bei einem Luft/Kraftstoff-Verhältnis von 20 mit offenem Regelkreis arbeitet. Wenn die Mager-Zeit  $T_1$  größer als  $T_{1c}$  wird, ist eine Reinigung der Falle 32 zweckmäßig, und dementsprechend wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis von einem mageren Wert auf einen leicht fetten Wert, wobei ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis von 14,5 Stöchiometrie darstellt, stufenförmig umgestellt. In diesem Fall schaltet der stromaufwärtige Sensor 34 sofort von einer niedrigen Spannung auf eine hohe Spannung, wie in Fig. 6b dargestellt. Wie durch die punktierte Linie angegeben, wird das Schalten des stromabwärtigen Sensors um den Betrag TD verzögert. Die Zeitverzögerung, die der stromabwärtige Sensor 36 zum Erreichen einer vorgegebenen Spannung, z. B. ein halbes Volt, wie in Fig. 6b dargestellt, benötigt, wird gemessen (Block 100). Wenn die Ausgangsspannungsdifferenz zwischen dem stromabwärtigen Sensor 36 und dem stromaufwärtigen Sensor 34 einen vorgegebenen Wert  $S_c$  erreicht (Block 108), wird die  $\text{NO}_x$ -Reinigung beendet und der Magerbetrieb wieder aufgenommen.

Nachfolgend wird auf Fig. 7 Bezug genommen, in der ein Flußdiagramm mit den Kriterien für das Reinigen der  $\text{NO}_x$ -Falle und für die Berechnung des  $\text{NO}_x$ -Speicherwirkungsgrades dargestellt ist. Bei Block 86 wird LCFLG überprüft, um zu bestimmen, ob das System in einem Mager-Fahrmodus betrieben wird. Falls nicht, kehrt die Routine zum

Hauptprogramm zurück. Falls ja, wird ein Schwefelreinigungs-Flag SPFLG bei einem Entscheidungsblock 88 überprüft. Falls SPFLG gesetzt ist (1), wird eine Schwefelreinigung der Falle eingeleitet, wie nachfolgend beschrieben werden wird. Falls SPFLG zurückgesetzt ist (0), wird die Zeitdauer des Mager-Betriebsmodus  $T_1$  mit einer vorgegebenen minimalen Zeitperiode  $T_{1c}$  verglichen. Wenn  $T_1$  nicht größer als dieses vorgegebene Zeitintervall  $T_{1c}$  ist, muß der Mager-Fahrbetrieb eventuell beendet werden. Das Zeitintervall  $T_1$  ist anfangs ein vorgegebener Wert und wird solange so bleiben, wie der Speicherwirkungsgrad der  $\text{NO}_x$ -Falle oberhalb eines vorgegebenen oder erforderlichen Wirkungsgrad-Wertes bleibt, jedoch wird  $T_1$  -wie nachstehend erklärt- reduziert werden, um den geforderten Wirkungsgrad bzw. die geforderte Leistungsfähigkeit beizubehalten. Wenn bei Block 90 festgestellt wird, daß  $T_1$  nicht größer als die vorgegebene Zeitperiode  $T_{1c}$  ist, kann dieses anzeigen, daß sich die  $\text{NO}_x$ -Falle aufgrund einer Adsorption von  $\text{SO}_x$ , eines unerwünschten aber unvermeidbaren Vorgangs, verschlechtert hat. Dementsprechend wird das Schwefelreinigungs-Flag gesetzt und das Mager- und das  $\text{NO}_x$ -Flag werden bei Block 120 zurückgesetzt, und der Betrieb kehrt zum Hauptprogramm zurück. Beim nächsten Durchlauf durch diese Routine wird bei dem Entscheidungsblock 88 eine Schwefelreinigung aufgerufen werden.

Falls  $T_1$  größer als  $T_{1c}$  ist, werden bei dem Entscheidungsblock 92 dann die Bedingungen eines  $\text{NO}_x$ -Reinigungs-Flags (NPFLG) überprüft. Falls das  $\text{NO}_x$ -Reinigungs-Flag zurückgesetzt ist, bedeutet dies, daß die Maschine in einem Magermodus arbeitet. Dann wird die Mager-Zeit  $LT$  bei Block 94 inkrementiert und bei Block 96 mit  $T_1$  verglichen. Falls die Mager-Zeit nicht größer ist als die vorgegebene Zeitperiode für Magerbetrieb, wie vom Block 96 bestimmt, wird dann bei Block 116 eine Schätzung der  $\text{NO}_x$ -Menge durchgeführt, die seit der letzten Reinigung der Falle zugeführt worden ist.  $\text{SUM } \text{Ne}^0$ , bestimmt in Block 116, stellt eine Voraussage für sich ansammelndes, von der Maschine erzeugtes  $\text{NO}_x$ , basierend auf der in die Maschine eingelassenen bzw. eingesaugten Luftmenge und der Maschinendrehzahl als Eingangswert aus Block 118 dar. Falls andererseits die gemessene Mager-Betriebszeit größer ist als die gesetzte Zeitperiode für den Magerbetrieb  $T_1$ , wie bei Block 96 bestimmt, wird das NPFLG-Flag gesetzt, wie bei Block 98 dargestellt, und der  $\text{NO}_x$ -Reinigungsbetrieb bzw. -vorgang wird durch Umschalten von einem Magermodus auf ein relativ fettes Luft/Kraftstoff-Verhältnis (A/F) begonnen. Beim nächsten Durchlauf durch die Schleife wird bei Block 92 der NEIN-Weg genommen werden.

Während der  $\text{NO}_x$ -Reinigung wird die Zeitverzögerung, die zwischen dem Schalten des vorderen und des hinteren EGO-Sensors aufgrund der  $\text{NO}_x$ -Ansammlung auftritt, bei Block 100 gemessen. Basierend auf dieser Zeitverzögerung wird die in der Falle gespeicherte  $\text{NO}_x$ -Menge  $N_5$  bei Block 102 als Funktion der Falltemperatur bestimmt (Fig. 4), die ein Eingangswert aus Block 104 ist. Die Falltemperatur kann auf verschiedene Art und Weise erhalten werden, beispielsweise von einem Temperatursensor oder basierend auf der abgetasteten Luftmenge oder geschätzt mittels eines anderen Eingangswertes.

Der  $\text{NO}_x$ -Speicherwirkungsgrad  $S_{\text{eff}}$  wird bei Block 106 bestimmt, basierend auf dem Verhältnis  $N_5/\text{SUM } \text{Ne}^0$ . Mit anderen Worten: der Speicherwirkungsgrad bzw. das Speicherleistungsvermögen stellt das Verhältnis der in der Falle gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge zu der von der Maschine erzeugten  $\text{NO}_x$ -Menge dar. Beim Entscheidungsblock 108 wird die Spannung  $S_2$  des stromabwärtigen HEGO-Sensors 36 von der Spannung  $S_1$  des stromaufwärtigen HEGO-Sensors 34 subtrahiert und die Differenz mit einer vorgegebenen Diffe-

renz  $S_c$  verglichen, um zu bestimmen, ob es Zeit ist, die  $\text{NO}_x$ -Reinigung zu beenden. Sobald die Differenz unter den vorgegebenen Differenzwert abfällt, kann die Reinigung als abgeschlossen angesehen werden, und sie wird beendet, und bei Block 110 werden das  $\text{NO}_x$ -Reinigungs-Flag NPFLG zurückgesetzt (0), der Mager-Fahrzeitzähler oder Zeitgeber LT zurückgesetzt und der vorausgesagte  $\text{NO}_x$ -Wert SUM  $\text{Ne}^0$  zurückgesetzt.

Ist der  $\text{NO}_x$ -Speicherwirkungsgrad geringer als der vorgegebene  $\text{NO}_x$ -Speicherwirkungsgrad  $\text{SC}_{\text{eff}}$ , was von Block 112 bestimmt wird, wird die Zeitperiode  $T_1$  für Magerbetrieb in Richtung auf  $T_{1c}$  bei Block 114 um einen vorgegebenen Betrag reduziert. Wurde das Mager-Zeitintervall unter die vorgegebene Zeitperiode  $T_{1c}$  reduziert, was von Block 90 bestimmt wird, wird das Schwefelreinigungs-Flag (SPFLG) gesetzt, wie im Block 120 angegeben. Mit SPFLG = 1 wird beim nächsten Durchlauf durch diese Routine eine Schwefelreinigung beim Entscheidungsblock 88 aufgerufen werden.

In Fig. 8 ist die Subroutine zur Durchführung einer Schwefelreinigung und von Borddiagnosen der  $\text{NO}_x$ -Falle dargestellt. Die Schwefelreinigung wird durch Erhöhen der  $\text{NO}_x$ -Falltemperatur auf ein vorgegebenes Niveau, z. B. oberhalb  $550^\circ\text{C}$ , durchgeführt, während die  $\text{NO}_x$ -Falle einem fetten Abgasgemisch ausgesetzt wird. Zusätzliche Luft von einer separaten Luftversorgung und -pumpe kann mit EEC-Steuerung zugeführt werden, um die gewünschte Falltemperatur zu erreichen und so eine Aufheizung der  $\text{NO}_x$ -Falle 32 bzw. eine Wärmeabgabe an diese zu erzeugen und folglich die gewünschte Temperatur zu erreichen.

Wenn das Magerfahr-Flag (LCLFG) (1) und das Schwefelreinigungs-Flag (SPFLG) gesetzt sind (1), wie von den Blöcken 86 und 88 in Fig. 6 bestimmt, wird eine Schwefelreinigung bei Block 124 eingeleitet, wenn nicht die Zeitperiode zwischen aufeinanderfolgenden Schwefelreinigungen (TSP) kleiner ist als eine vorgegebene Zeitperiode ( $\text{TSP}_c$ ), wie von Block 122 bestimmt. Bei Block 126 wird die seit der letzten Schwefelreinigung (TSP) Zeitspanne berechnet. Wenn die Reinigung, wie von Block 128 bestimmt, abgeschlossen ist, wird das Schwefelreinigungs-Flag (SPFLG) bei Block 130 zurückgesetzt (0), und die Subroutine kehrt zum Hauptprogramm zurück. Das Beenden der Schwefelreinigung würde darauf basieren, daß die Temperatur der Falle 32 während einer vorgegebenen Zeitdauer oberhalb einer Grenzwerttemperatur ist, oder auf anderen Kriterien. Andererseits ist, wenn die Zeitperiode zwischen Schwefelreinigungen kürzer als die vorgegebene Zeitperiode  $\text{TSP}_c$  ist, dieser häufige Bedarf, eine  $\text{SO}_x$ -Reinigung durchzuführen, eine Anzeige dafür, daß die Falle nicht richtig gereinigt wird und möglicherweise defekt ist. In diesem Fall kehrt das System bei Block 132 zu einem stöchiometrischen Betrieb zurück. Die Anzeigelampe wird bei 134 eingeschaltet, und es wird das zugehörige Flag (LAMFLG) bei 136 gesetzt. Dies hat dann zur Folge, daß das Magerfahr-Flag LCFLG bei Block 76 (Fig. 5) zurückgesetzt wird (0). Bei dem nächsten Durchgang wird bei Block 70 nach einer Entscheidung verlangt. So wird eine Diagnoselampe immer dann eingeschaltet, wenn die  $\text{NO}_x$ -Falle einen deutlichen permanenten Wirksamkeitsverlust zeigt, der durch die  $\text{NO}_x$ - und die  $\text{SO}_x$ -Reinigungsvorgänge, die die Falle normalerweise wieder funktionstüchtig machen sollen, nicht verringert wird.

Obwohl zwei HEGO-Sensoren 34 und 36 dargestellt sind, könnte auch der Sensor 34 fehlen. In diesem besonderen Fall würde das bei Block 100 gemessene Zeitintervall einfach der Zeitverzögerung zwischen der Einleitung der  $\text{NO}_x$ -Reinigung (Umschalten des Luft/Kraftstoff(A/F)-Verhältnisses der Maschine von mager zu fett oder stöchiometrisch) und der Mager-zu-Fett-Schaltung des hinteren HEGO-Sen-

sors 36 entsprechen. Auch ein minimales Ausgangssignal oder eine minimale Spannung des Sensors 36 würde bei Block 108 überprüft werden, um zu bestimmen, ob eine ausreichende  $\text{NO}_x$ -Reinigung erfolgt ist. Ferner kann der  $\text{NO}_x$ -Reinigungsvorgang basierend auf anderen Kriterien als einem vorgegebenen Zeitintervall im Magermodus beginnen. Diese Änderung würde eine Modifikation der in den Blöcken 90, 96 und 114 durchgeführten Vorgänge zur Folge haben, um den neuen Kriterien Rechnung zu tragen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung der Wirksamkeit einer im Abgaskanal (22) einer computerunterstützten Brennkraftmaschine (18) angeordneten  $\text{NO}_x$ -Falle mit folgenden Schritten:

Durchführen einer Reinigung der Falle (32), nachdem vorgegebene Magermodus-Maschinenbetriebskriterien erfüllt sind, und

Erzeugen einer Anzeige für eine Verschlechterung der Falle, wenn das Zeitintervall zwischen aufeinanderfolgenden Reinigungen kleiner als ein vorgegebenes Zeitintervall ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reinigung eine  $\text{SO}_x$ -Reinigung ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor der  $\text{SO}_x$ -Reinigung eine  $\text{NO}_x$ -Reinigung erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die  $\text{NO}_x$ -Reinigung während eines Mager-Maschinenbetriebsmodus periodisch eingeleitet und das Zeitintervall des Magerbetriebs angepaßt wird, um den Sorptionswirkungsgrad der Falle immer dann zu verbessern, wenn der Sorptionswirkungsgrad der Falle unter einen vorgegebenen Fallen-Sorptionswirkungsgrad abfällt.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die  $\text{SO}_x$ -Reinigung immer dann eingeleitet wird, wenn das Zeitintervall des Magerbetriebs unter ein vorgegebenes Zeitintervall abfällt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anzeigeeinrichtung (66) dann eingeschaltet wird, wenn das Zeitintervall zwischen  $\text{SO}_x$ -Reinigungen unter ein vorgegebenes Zeitintervall abfällt.

7. Verfahren zur Überwachung der Wirksamkeit einer im Abgaskanal (22) einer Brennkraftmaschine (18) angeordneten  $\text{NO}_x$ -Falle mit folgenden Schritten:

Durchführen einer  $\text{NO}_x$ -Reinigung der Falle (32), nachdem die Maschine (18) in einem Mager-Betriebsmodus betrieben worden ist,

Bestimmen des Sorptionswirkungsgrades der Falle (32), Reduzieren der Zeitdauer des Mager-Betriebsmodus, falls der Wirkungsgrad unter ein vorgegebenes Niveau abfällt, Durchführen einer  $\text{SO}_x$ -Reinigung der Falle (32), falls die Zeitdauer unter ein vorgegebenes minimales Zeitintervall abfällt, und

Erzeugen einer Verschlechterung der Falle signalisierenden Anzeige, falls das Zeitintervall zwischen  $\text{SO}_x$ -Reinigungen kleiner wird als ein vorgegebenes Zeitintervall.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die  $\text{NO}_x$ -Reinigung nach einem Betrieb der Maschine (18) für ein vorgegebenes Zeitintervall eingeleitet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Beendigung der  $\text{NO}_x$ -Reinigung in Abhängigkeit von dem Sauerstoffgehalt des Abgases stromabwärts der Falle (32) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Sorptionswirkungsgrad berechnet wird durch:

Bestimmen der in der Falle (32) gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge,

Schätzen der  $\text{NO}_x$ -Menge, die von der Maschine (18) während des letzten Mager-Betriebsmodus erzeugt wurde, und

Teilen der in der Falle (32) gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge durch die geschätzte, von der Maschine (18) erzeugte  $\text{NO}_x$  Menge.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der in der Falle (32) gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge auf dem Zeitintervall zwischen der Einleitung der  $\text{NO}_x$ -Reinigung und der Ermittlung eines stöchiometrischen Abgaszustandes stromabwärts der Falle (32) basiert.

12. Vorrichtung zur Überwachung der Wirksamkeit einer im Abgaskanal (22) einer computerunterstützten Brennkraftmaschine angeordneten  $\text{NO}_x$ -Falle (32), mit einem Computer zum Erzeugen eines Befehls zum Reinigen der  $\text{NO}_x$ -Falle (32), einem Sensor (36), der stromabwärts der Falle (32) angeordnet ist, und

einem Anzeigeelement (66), wobei der Computer einen auf dem Sorptionswirkungsgrad der Falle (32) basierenden Befehl zum Einschalten der Anzeigeeinrichtung (66) erzeugt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor als Abgas-Sauerstoffsensor (36) ausgebildet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer dahingehend ausgebildet ist, daß ein Befehl für eine  $\text{NO}_x$ -Reinigung erzeugt wird, der eine Änderung in dem der Maschine (18) zugeführten Gemisch von einem relativ mageren Luft/Kraftstoff-Verhältnis (A/F) in ein relativ fettes Luft/Kraftstoff-Verhältnis (A/F) bewirkt.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Sorptionswirkungsgrad das Verhältnis der in der Falle (32) gespeicherten  $\text{NO}_x$ -Menge geteilt durch die von der Maschine (18) erzeugte  $\text{NO}_x$ -Menge ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Falle (32) gespeicherte  $\text{NO}_x$ -Menge eine Funktion der Falltemperatur und der Mager-zu-Fett-Ansprechzeit des Sensors (36) ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die von der Maschine (18) erzeugte  $\text{NO}_x$ -Menge eine Funktion der Maschinendrehzahl und der in die Maschine (18) eingesaugten Luftmenge ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer die Frequenz der  $\text{NO}_x$ -Reinigungen erhöht, wenn der Sorptionswirkungsgrad unter einen vorgegebenen Wirkungsgrad abfällt.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Computer eine  $\text{SO}_x$ -Reinigung einleitet, wenn die Zeit zwischen  $\text{NO}_x$ -Reinigungen unter ein vorgegebenes Zeitintervall abfällt.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Anzeigeeinrichtung (66) zugeordnete Ansteuereinrichtung dahingehend ausgebildet ist, daß die Anzeigeeinrichtung (66) dann eingeschaltet ist, wenn das Zeitintervall zwischen  $\text{SO}_x$ -Reinigungen unter ein vorgegebenes Zeitintervall abfällt.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß ein zweiter, stromaufwärts der  $\text{NO}_x$ -Falle (32) angeordneter Abgas-Sauerstoffsensor (34) vorgesehen ist, und daß die  $\text{NO}_x$ -Reinigung beendet wird, wenn die Differenz zwischen dem Ausgangssignal des stromabwärtigen Sensors (36) und dem Ausgangssignal des stromaufwärtigen Sensors (34) kleiner als ein vorgegebener Grenzwert ist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

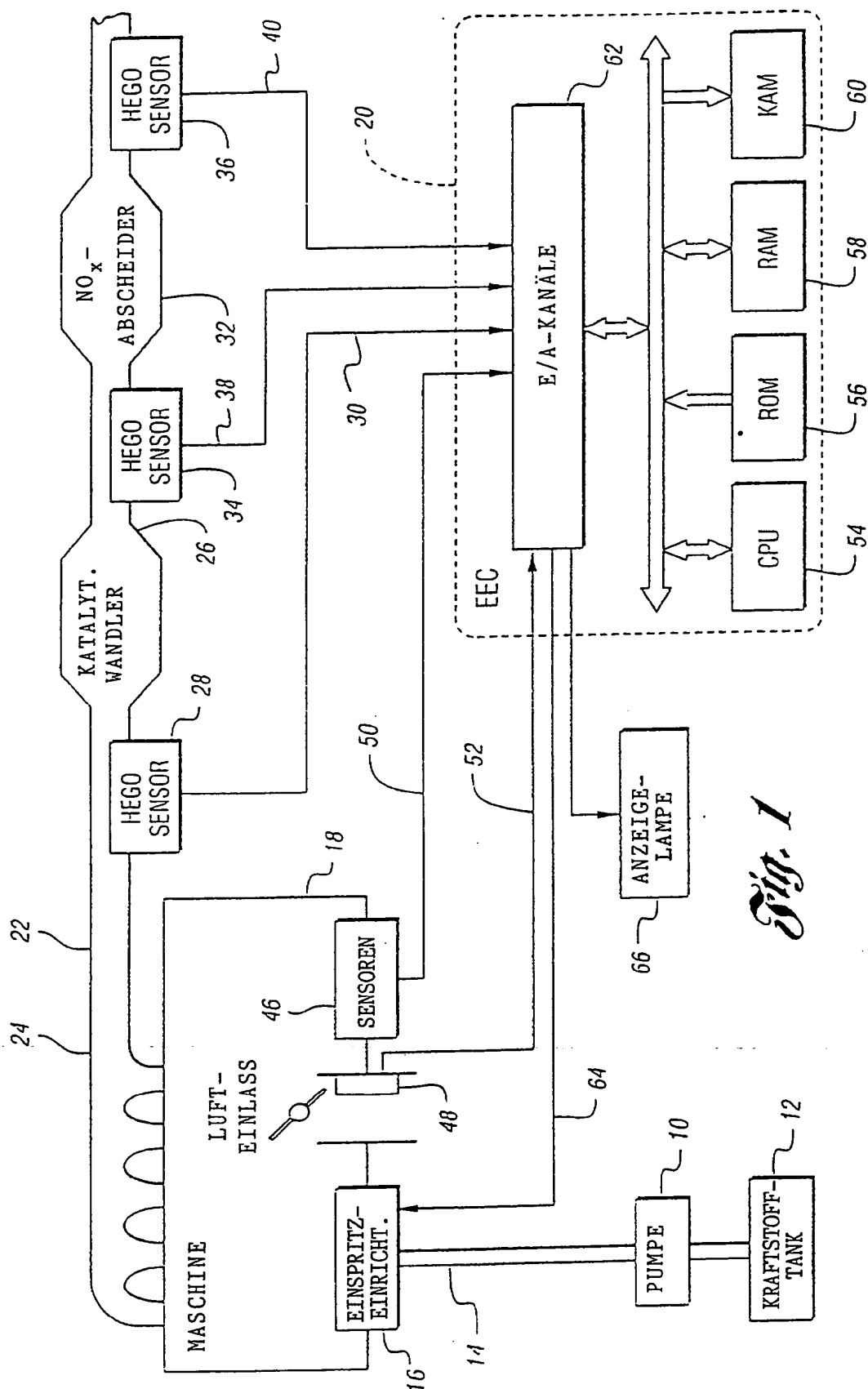
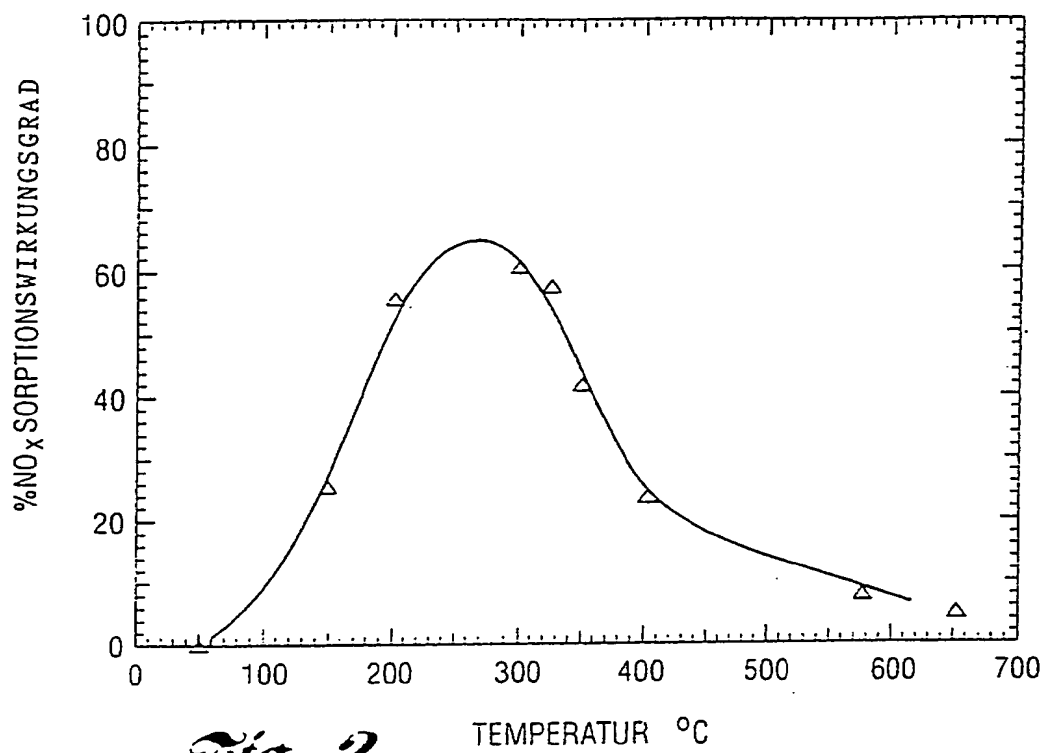
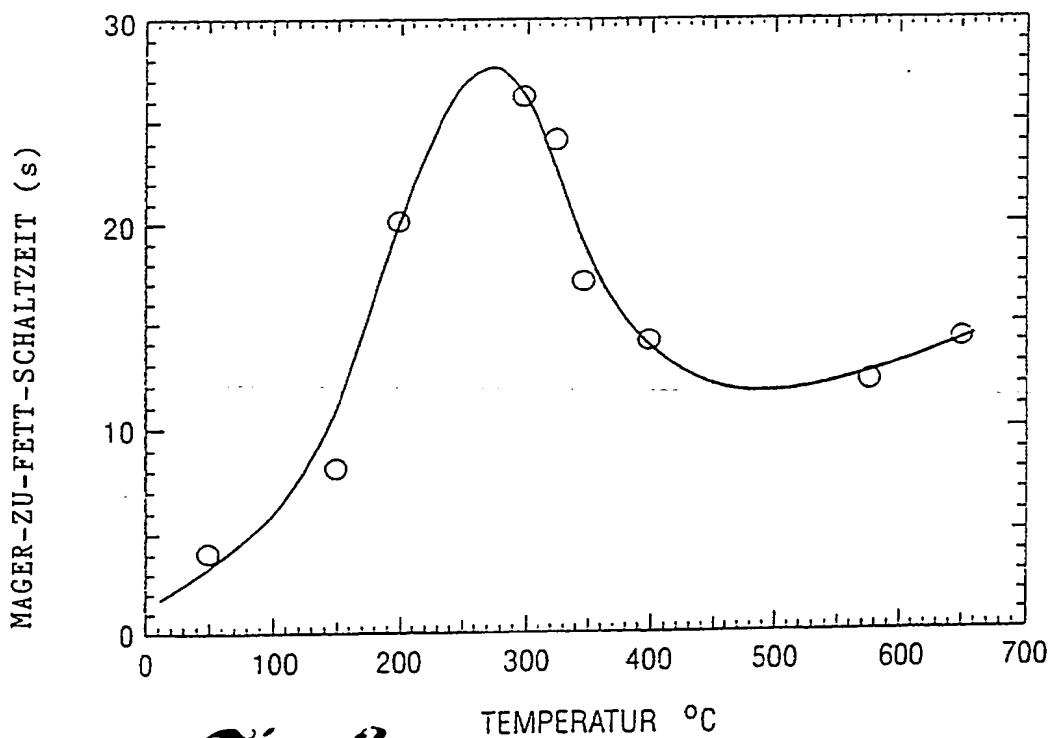


Fig. 1

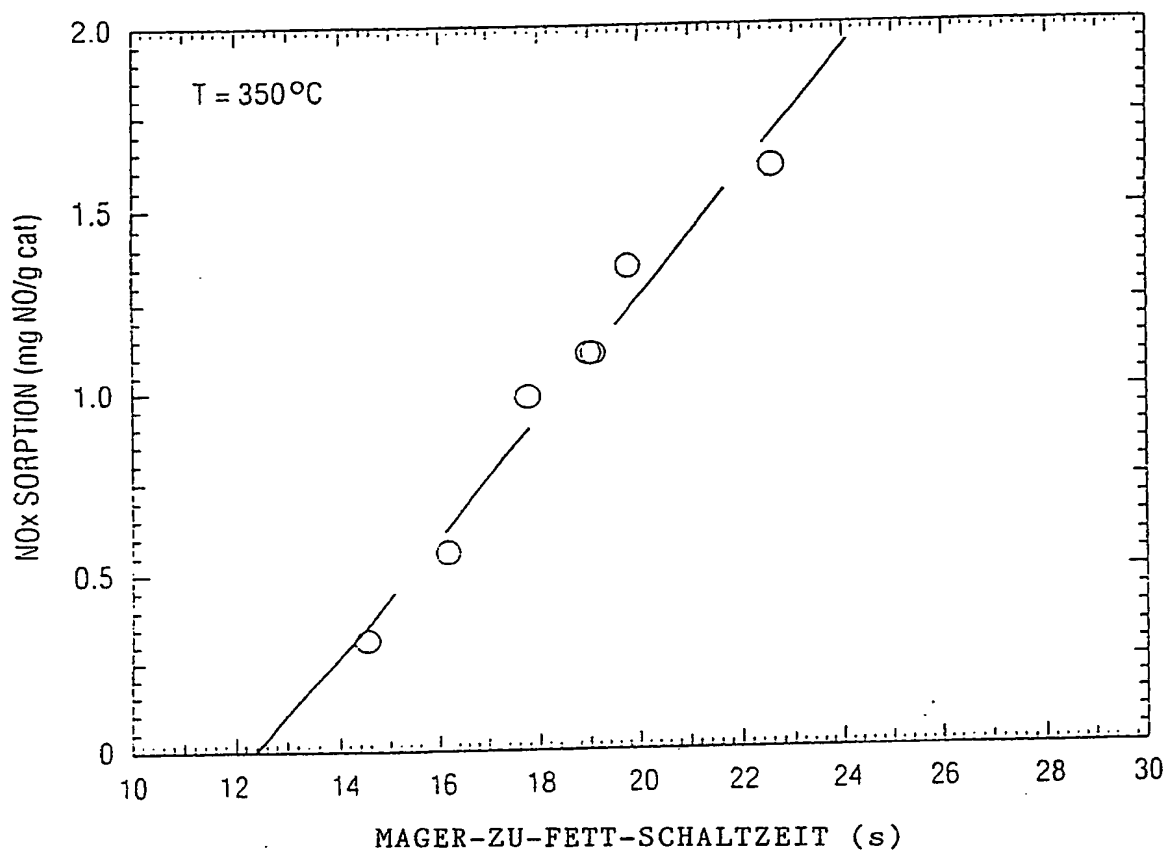




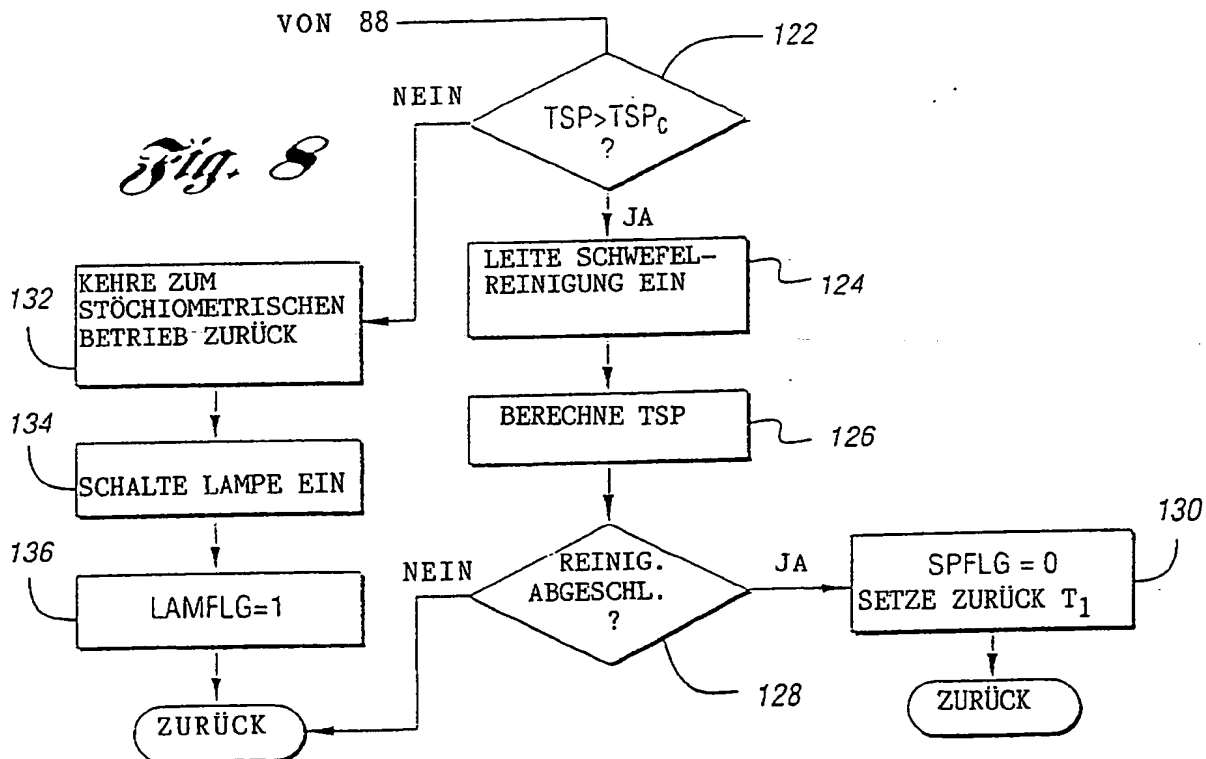
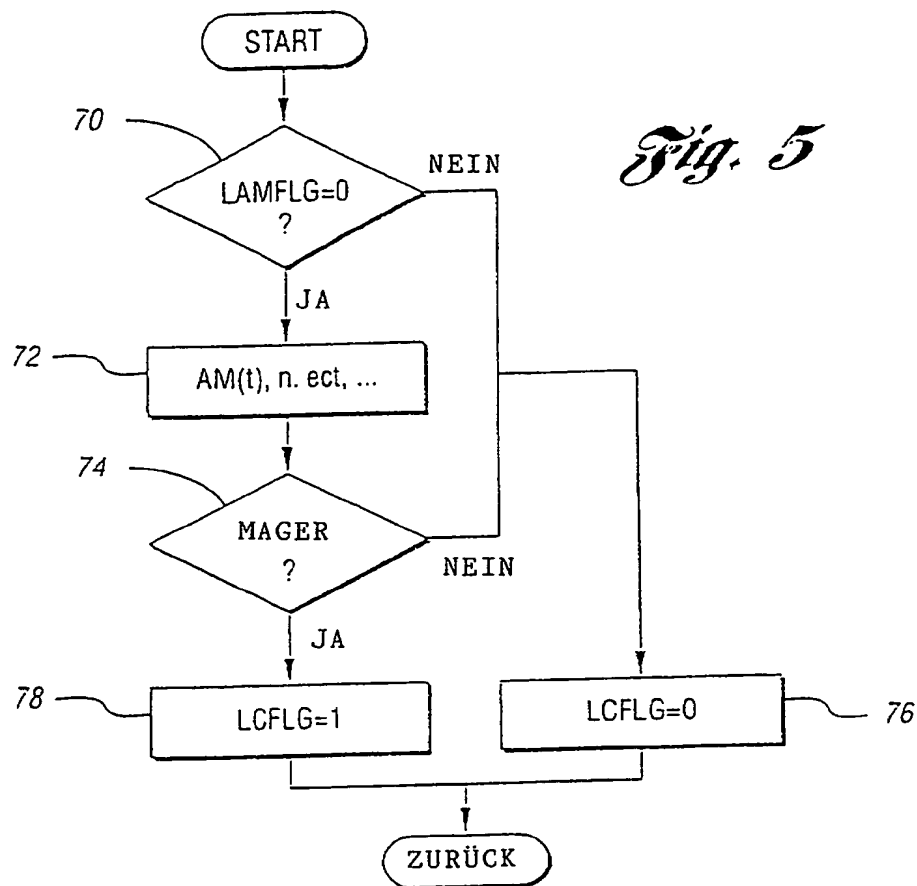
*Fig. 2*



*Fig. 3*



*Fig. 4*



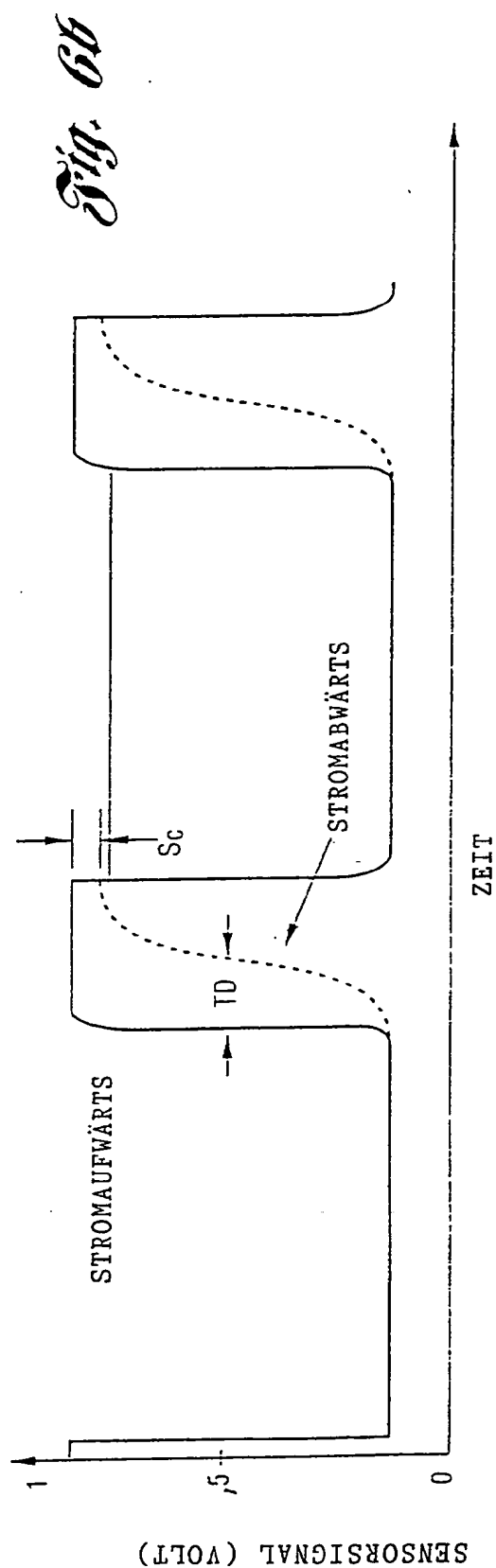
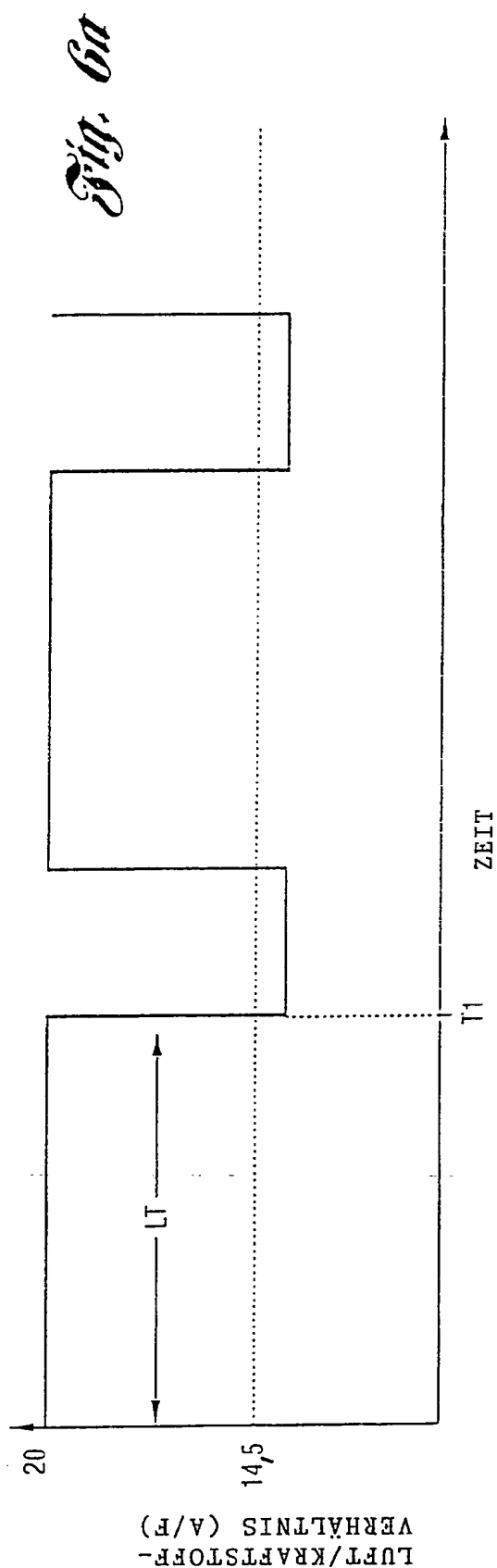
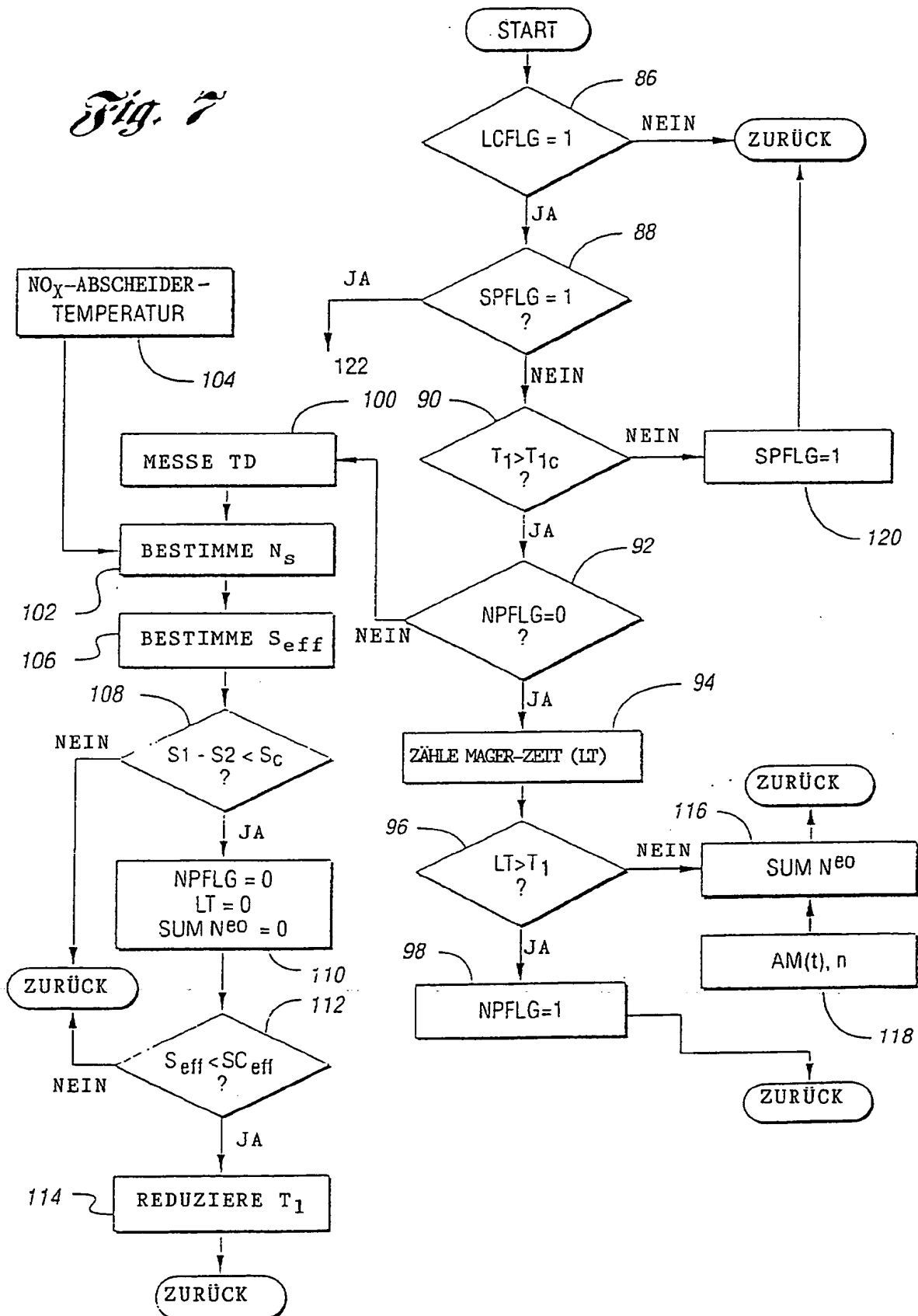


Fig. 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**